

平成15年 7 月15日
原子力安全対策課
(1 5 - 4 8)
< 15時記者発表 >

敦賀発電所 1 号機の定期検査状況について (逆止弁構成部品の摩耗減肉の原因と対策)

このことについて、日本原子力発電株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

敦賀発電所 1 号機（沸騰水型軽水炉；定格電気出力35.7万kW）において、第28回定期検査を実施中の 6 月23日、格納容器内に設置されている主給水逆止弁^{*1}の分解点検で、弁体を支える弁軸の両端に取り付けている 2 個のワッシャー(外径56mm、内径32.5mmのリング状、ステンレス製)のうち、片方の紛失を確認した。

また、7 月 7 日、主給水逆止弁の類似弁^{*2}を点検した結果、原子炉給水ポンプ出口逆止弁 2 台でも、ワッシャー（外径56mm、内径32.5mmのリング状、銅合金製）の片方が紛失していることを確認した。

7 月 9 日までに、主給水逆止弁のワッシャー(2 片)については、給水スパージャーフローノズル内から、また、原子炉給水ポンプ出口逆止弁のワッシャー 2 個については、第 4 給水加熱器(B)水室内から回収し、寸法測定および材料分析等を実施した結果、これらは紛失したワッシャーであることが判明した。

* 1：給水逆止弁

原子炉圧力容器に送られる冷却材(給水)が流れる配管に取り付けられた弁で、給水の逆流を防ぐ機能を持つ。

* 2：類似弁

原子炉冷却系、タービン系及び工学的安全系に設置された逆止弁のうち、主給水逆止弁と同様に常に水が流れている箇所に設置された同じ構造の弁

[平成15年 6 月24日、7 月 2 日、7 月 7 日、7 月10日、記者発表済み]

1 . 調査結果

弁軸およびワッシャーが過度に摩耗した原因について、分解点検や模擬試験装置による確認を行った。

分解点検結果

今回点検を行った逆止弁は、通常、設計弁体開き角度約45度に調整されることとなっているが、ワッシャーが紛失した主給水逆止弁の弁体開き角度は、約35度になっていることが認められ、点検記録を確認した結果、弁体取替えの際、弁体開き角度が調整されていないことが判明した。

模擬試験装置による確認結果

逆止弁の模擬試験装置により、弁内の水流とワッシャーの挙動を観察した結果、弁体開き角度が通常約45度の場合、弁軸のワッシャー周囲には、ワッシャーの下から上へ片側方向の水流が卓越し、ワッシャーの自重により弁軸上側に接触しながら、一定方向に回転することが判明した。

また、弁体開き角度が約35度の場合、ワッシャーは下からの水流に押されて弁軸下側で接触すること、また、その水流はワッシャー両側に分かれるためワッシャーの揺動が大きくなる。また、弁軸とワッシャーの接触点にわずかな偏摩耗を与えた場合には、ワッシャーの回転は止まり、この位置で弁軸とワッシャーの偏摩耗が進行することが判明した。

2. 推定原因

主給水逆止弁

弁体開き角度約35度の主給水逆止弁のワッシャーは、下から上への水流により弁軸下側に接触しながら一箇所に偏った摩耗が発生した後、接触点を中心にワッシャーが揺動し、偏摩耗が進展したと推定された。脱落したワッシャーについては、その摩耗状態から、運転停止等により偏摩耗箇所が反対側に移ったため、偏摩耗が2箇所で進展した後、脱落したと推定された。

原子炉給水ポンプ出口逆止弁

原子炉給水ポンプ出口逆止弁のワッシャーについては、回転による全周摩耗として進展していたが、一箇所に偏った摩耗が発生し、この部分で偏摩耗する状態となり、開口・脱落したと推定された。なお、当該弁のワッシャーは、比較的軟らかい銅合金材料が使われていたことが、摩耗減肉の進展を助長したと推定された。

3. 今後の対策

主給水逆止弁については、弁軸およびワッシャーを同材質の新品に、また、原子炉給水ポンプ出口弁については、耐摩耗性の高いステンレス製に取り替える。

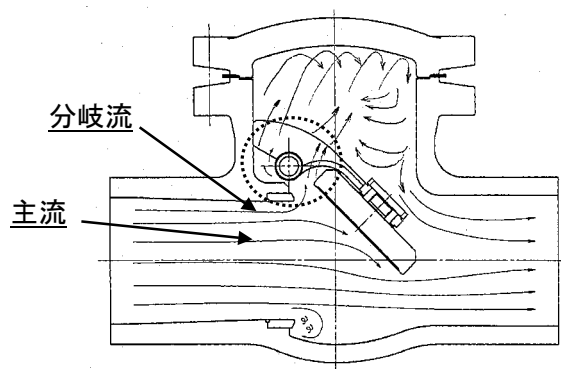
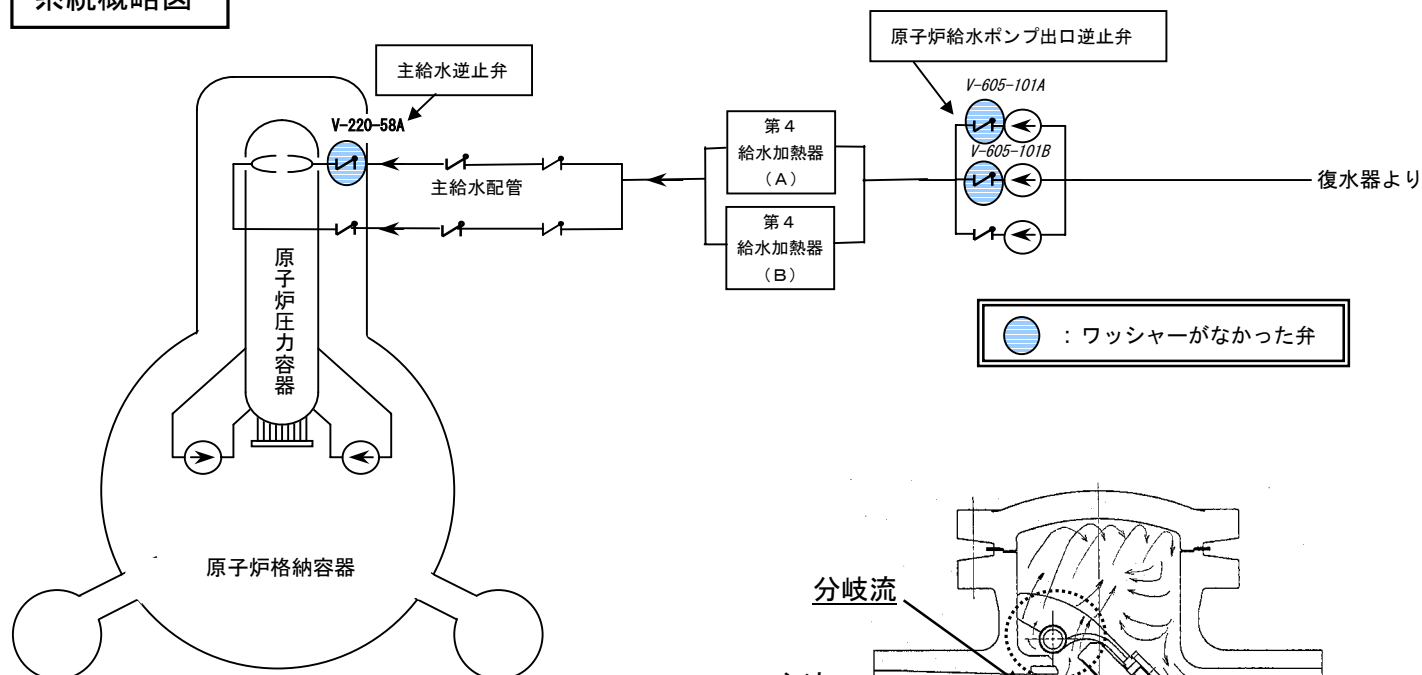
弁体開き角度が小さかった弁については、基準値(45度)に調整するとともに、弁体取替えにおける弁体開き角度の調整について、作業手順書に明記する。

さらに、次回定期検査において、これら7台の弁については、保守性を勘案し、ワッシャーのない構造の弁体に取り替えることとした。

問い合わせ先(担当：島田・小西) 内線2354・直通0776(20)0314

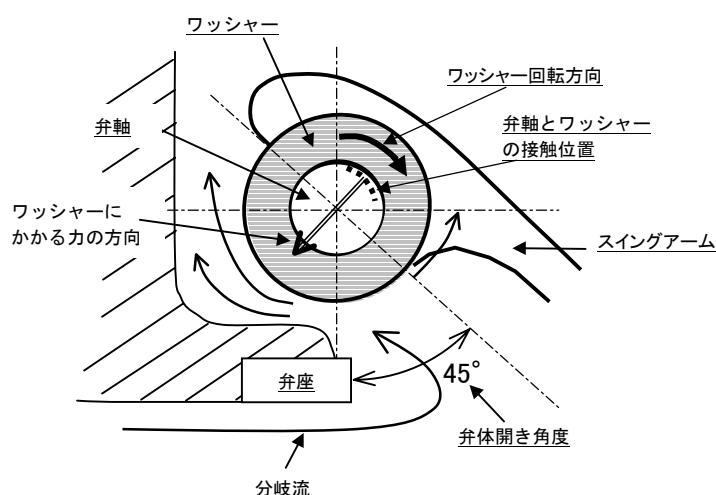
主給水逆止弁等の点検結果

系統概略図



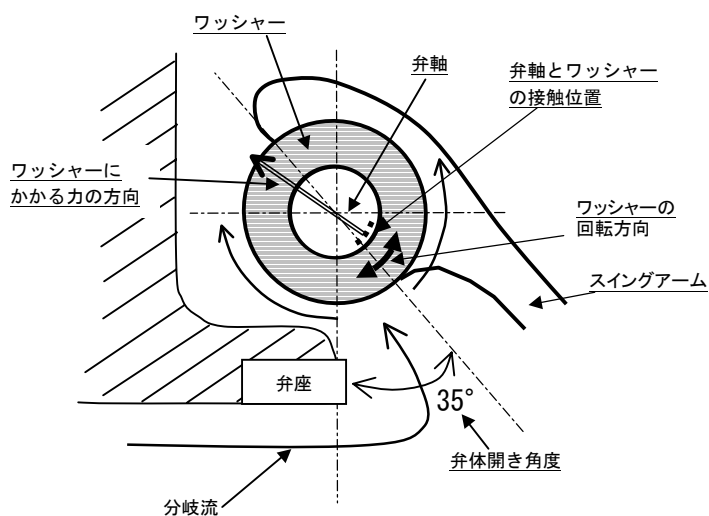
模擬試験装置による試験の概要

弁体開き角度が設計角度の場合の流れ



- 分岐流は主としてワッシャーの左側を下から上へ主流に対して逆向きに流れる。
- ワッシャーには、自重、流体力により左下向きの力が加わり、ワッシャーは弁軸と右上で接触する。

弁体開き角度が設計角度以下の場合の流れ



- 分岐流はほぼワッシャー正面に当たる。
- ワッシャーは流れにより上方に押し上げられ、弁軸右下で接触する。
- 分岐流はワッシャーの左右に分かれ、弁体角度が約35°ではワッシャーは時計回り/反時計回りの揺動を繰り返す。

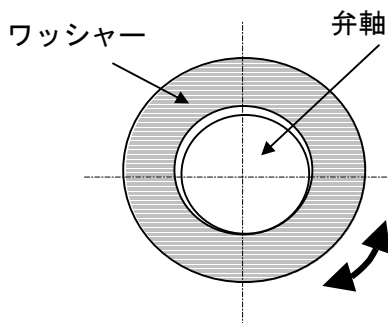
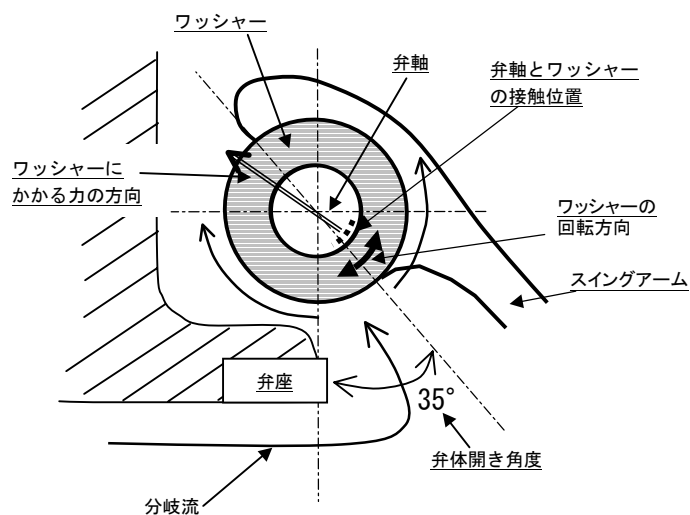
ワッシャーの脱落推定原因

主給水逆止弁V-220-58A ワッシャー摩耗・脱落推定メカニズム

回収した主給水逆止弁のワッシャー

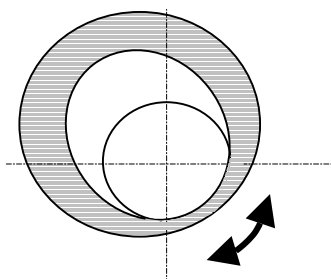


弁体開き角度が設計角度以下の場合の流れ



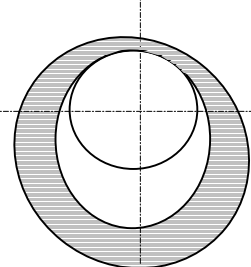
1. 初期段階

- 弁軸の回りをワッシャーが時計回り/反時計回りに揺動しながら回転する。
- 弁軸は当り位置(下側)が偏摩耗する。
- ワッシャーは全周に渡り若干摩耗する。



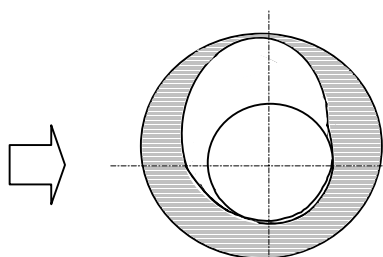
2. ワッシャー偏摩耗状態

- 弁軸の偏摩耗が進みワッシャーが回転しにくくなり、ワッシャーが当り位置で偏摩耗する。



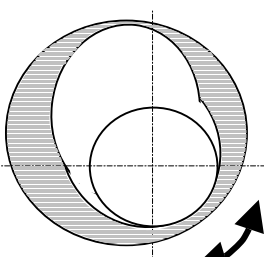
3. プラント停止時

- プラント停止時に自重により、ワッシャーの偏摩耗部が上方になって弁軸にぶら下がった状態になる。



4. プラント再起動時

- プラント起動とともに、ワッシャーが上方に押し上げられる。(左図)
- 弁軸が偏摩耗している位置でワッシャーの偏摩耗が進行する。(右図)

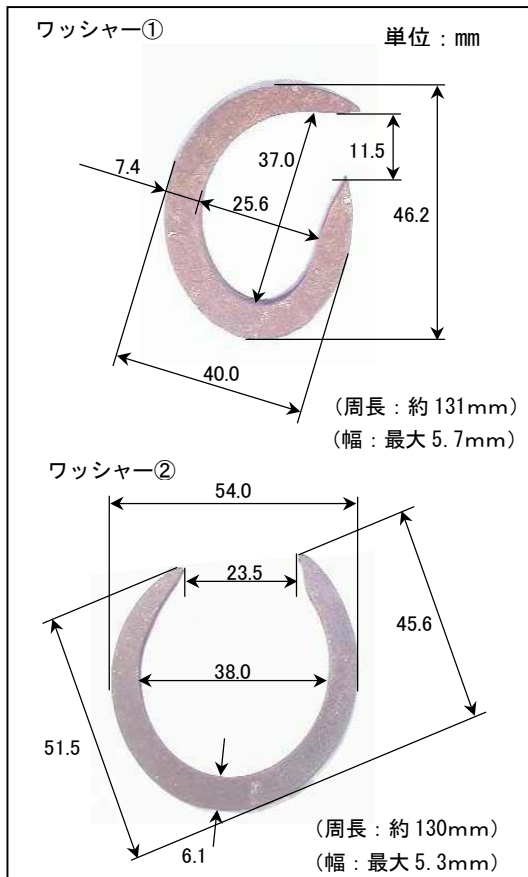


5. ワッシャー脱落時

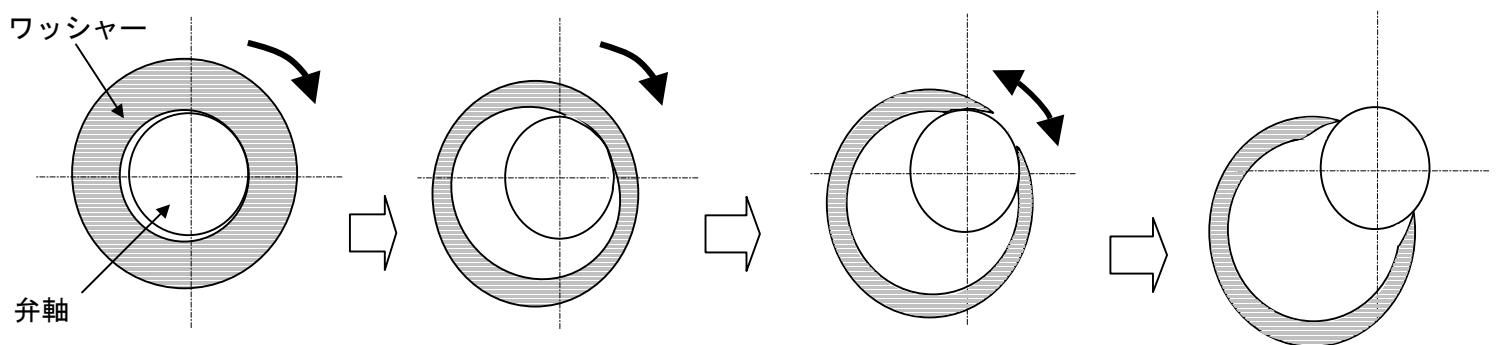
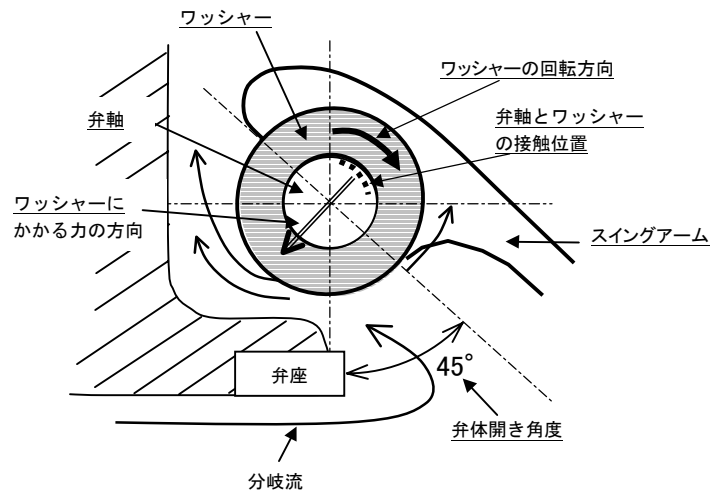
- ワッシャーの偏摩耗部分で分断・開口し、弁軸から外れる。
- その後、外れたワッシャーは下流の給水配管内、給水スパー ज्याで流れにより分裂した。

原子炉給水ポンプ出口逆止弁 V-605-101 A 及び 101B ワッシャー摩耗・脱落推定メカニズム

回収した原子炉給水ポンプ
出口逆止弁のワッシャー



弁体開き角度が設計角度の場合の流れ



1. 初期状態

- 弁軸の回りをワッシャーが回転する。
- 弁軸の当りは上側および下側。
- ワッシャーの当りは全周。

2. ワッシャー全周摩耗状態

- 弁軸の偏摩耗が進むがワッシャーの回転力が大きくワッシャー全周摩耗が進む。
- 同時にワッシャーの側面摩耗が進む。

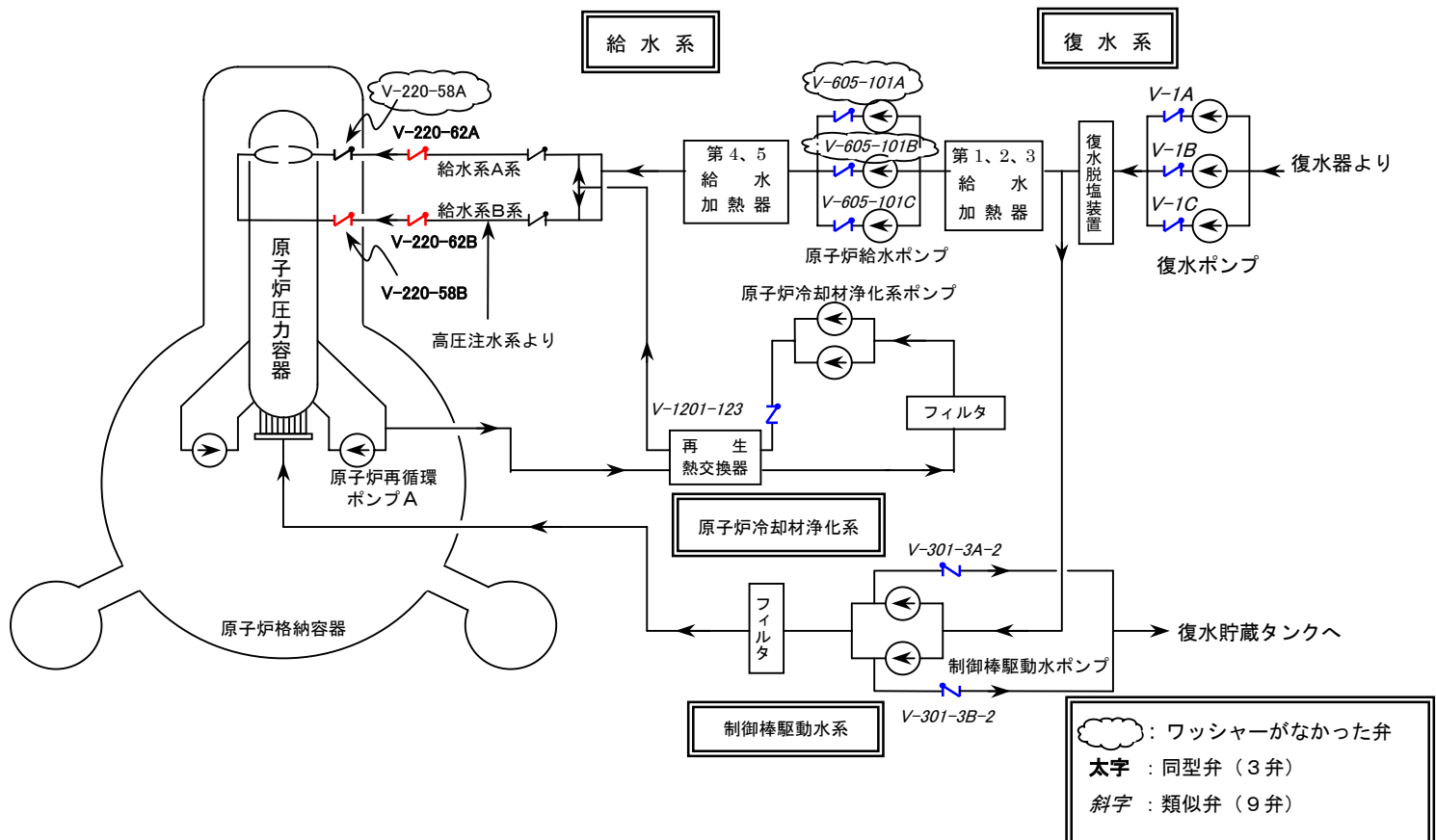
3. ワッシャー偏摩耗状態

- 弁軸とワッシャーの摩耗が進み、ワッシャーの一部に偏摩耗が生じる。

4. ワッシャー脱落時

- ワッシャーの偏摩耗部分で分断・開口し、弁軸から外れる。

系統概略図



弁分解点検結果と再発防止対策一覧

弁番号	材質	点検結果	対策
主給水逆止弁 V-220-58A 58B 62A 62B	ワッシャー： SUS403 弁軸： SUS431	- ワッシャーおよび弁軸に著しい摩耗または偏摩耗が確認された物があった。 58A のワッシャーは片側が脱落していた。 58A の弁体については第 20 回、62B の弁体については第 25 回定検で取り替えた際、弁体開き角度が調整されておらず、それぞれ 35°、37° であった。	- ワッシャーおよび弁軸を同材質の新品に取り替える。 58A および 62B の弁体開き角度の調整を実施する。 - 作業手順書に弁体開き角度調整の実施を明記する。 - 次回定検で、ワッシャーを必要としない弁体構造に変更する。
原子炉給水ポンプ出口逆止弁 V-605-101A 101B 101C	ワッシャー： 101A, B ニッケル銅合金 101C BC3 弁軸： SUS403	- ワッシャーおよび弁軸に著しい摩耗または偏摩耗が確認された物があった。 101A および 101B のワッシャーは片側が脱落していた。	- ワッシャーの材質を SUS403、弁軸の材質を SUS431 として新品に取り替える。 - 作業手順書に、弁体開き角度調整の実施を明記する。（水平展開事項） - 次回定検で、ワッシャーを必要としない弁体構造に変更する。
復水ポンプ出口逆止弁 V-1A 1B 1C	ワッシャー： BC3 弁軸： SUS403	ワッシャーおよび弁軸に著しい摩耗は確認されなかった。	- 材質および構造に関する対策は不要。 - 作業手順書に、弁体開き角度調整の実施を明記する。（水平展開事項）
C U W再生熱交換器シェル側逆止弁 V-1201-123	ワッシャー： ステライト 弁軸： SUS630	ワッシャーおよび弁軸に著しい摩耗は確認されなかった。	- 材質および構造に関する対策は不要。 - 作業手順書に、弁体開き角度調整の実施を明記する。（水平展開事項）
C R Dポンプ出口戻り逆止弁 V-301-3A-2 3B-2	ワッシャー： SUS304 弁軸： SUS403	ワッシャーおよび弁軸に著しい摩耗は確認されなかった。	- 材質および構造に関する対策は不要。 - 作業手順書に、弁体開き角度調整の実施を明記する。（水平展開事項）